Über die
Schwerkraft auf dem Meere
längs dem Abfall der Kontinente gegen die Tiefe.

Von

O. E. Schiøtz.

(Videnskabs-Selskabets Skrifter. I. Math.-naturv. Klasse. 1907. No. 6.)

UDGIVET FOR FRIDTJOF NANSENS FOND.

Christiania.

In Kommission bei Jacob Dybwad.

A. W. Brøggers Buchdruckerei.

1907.

Fremlagt i Møde i den math.-naturv. Klasse 31 Mai 1907.

Über die Schwerkraft auf dem Meere längs dem Abfall der Kontinente gegen die Tiefe.

Von

O. E. Schiøtz.

In einer früheren Arbeit [1] habe ich herzuleiten versucht, wie sich die Schwerkraft verhalten muss, wenn man sich dem Küstenrande nähert entweder vom Festlande oder vom Meere aus, unter der Voraussetzung, dass die Dicke der Erdkruste gering ist im Vergleich zum Radius des innern Kerns, aber bedeutend im Verhältnis zur Tiefe der Meere, und dass sich im grossen und ganzen gleich grosse Massen über jeder Flächeneinheit der Oberfläche des inneren Kerns befinden. Bei der Annahme eines senkrechten Abfalles der Kontinente gegen die Meerestiefe, führten die Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass die Schwerkraft, wie die Erfahrung lehrt, wachsen sollte, wenn man sich von dem Innern der Kontinente aus dem Küstenrande nähert, und nicht weit davon ein Maximum erreichen, worauf sie schnell abnehmen und ihren normalen Wert im Küstenrande selbst erhalten sollte. Ausserhalb der Küste sollte alsdann die Schwerkraft fortfahren, rasch abzunehmen bis zu einem Minimum nicht weit vom Küstenrande, um dann wieder langsam anzuwachsen, bis sie ihren normalen Wert weiter hinaus auf dem Meere erhält. Wie erwähnt ist die Voraussetzung hier, dass der Kontinent senkrecht gegen die Meerestiefe abfällt. Dies ist indessen nicht der Fall; die Kontinente senken sich anfangs mehr oder weniger sanft, bis man den raschen Abfall des Kontinentalfusses erreicht. Diese Abweichung von der vertikalen Begrenzung des Meeres wirkt in ähnlicher Weise, als ob der Kontinent etwas weiter dem Meere zu fortsetzte. Die Schwerkraft wird daher, wie ich zeigte, gerade am Küstenrande nicht normal sein, sondern grösser, und sie wird sich auch grösser als normal

[1] The Norwegian North Polar Expedition, VIII. Results of the Pendulum Observations and some Remarks on the Constitution of the Earths Crust by O. E. Schiøtz.

halten eine Strecke weiter hinaus auf der Flachsee längs der Küste. Weiter hinaus muss indessen, wie oben erwähnt, die Schwerkraft abnehmen und unter ihren normalen Wert sinken, um auf der Tiefsee, vermutlich etwas ausserhalb des Kontinentalfusses, einen Minimumswert zu erreichen, worauf sie wiederum zu ihrem normalen Wert über dem Innern der Ozeane anwachsen muss.

Dass die Schwerkraft auf der Tiefsee etwas ausserhalb des Küstenrandes geringer als normal sein muss, kann man folgern ohne eine spezielle Annahme über die Konstitution der Erdkruste. Betrachtet man nämlich das Kraftfeld um die Erde, so folgt aus der Potentialtheorie, dass der Kraftstrom durch die Oberfläche der Erde gleich 4π mal die ganze Masse der Erde sein muss. Wie die Massen auch verteilt sind, wird also der totale Kraftstrom unverändert bleiben. Denken wir uns zunächst die Erde in Ruhe und kugelförmig, so wird in diesem Falle, wenn die Schwerkraft normal, also überall gleich gross ist, der Kraftstrom gleich der Kraft multipliziert mit der Oberfläche der Erde sein. Nehmen wir nun an, dass die Schwerkraft, wie man gefunden hat, im Innern der Kontinente und der Ozeane normal, aber auf den Küstenstationen und der Flachsee etwas grösser als normal ist, so können wir die Oberfläche der Erde in 4 Gebiete teilen: das Innere der Kontinente; das Innere der Ozeane; der Küstensaum mit der Flachsee; der übrigbleibende Streifen zwischen den Ozeanen und der Flachsee.

Der Kraftstrom durch die drei ersten Gebiete wird dann im grossen und ganzen etwas grösser als normal sein, weshalb er innerhalb des vierten Gebietes etwas weniger als normal sein muss. Hieraus ergibt sich dann ohne weiteres, dass die Schwerkraft etwas geringer als normal sein muss auf der Tiefsee die Küstenlinie entlang.

Wir haben oben keine Rücksicht genommen auf die Rotation der Erde und die Abweichung der Erdoberfläche von der Kugelform. Es ist indessen eine leichte Sache, die obenstehende Auseinandersetzung so zu ergänzen, dass man diese Verhältnisse berücksichtigt. Der von der Centrifugalkraft bedingte Kraftstrom wird einen bestimmten Wert haben, unabhängig von der Verteilung der Massen in der Erde, indem dieser nur von der Winkelgeschwindigkeit der Erde und von der Form ihrer Oberfläche abhängen wird. Solange diese Grössen unverändert bleiben, wird die Centrifugalkraft nur einen bestimmten, konstanten Zusatz zum Kraftstrom bedingen. Dies wird keine Änderung in obiger Entwickelung bewirken, wo der Beweis darauf beruht, dass ein Überschuss des Kraftstroms durch einen Teil der Erdoberfläche von einem entsprechenden Defizit durch einen andern Teil der Oberfläche kompensiert werden muss.

Die Abweichung von der Kugelform wird bewirken, dass die normale Gravitationskraft nicht denselben Wert auf der ganzen Oberfläche der Erde haben wird; sie wird von der Breite abhängen. Dies wird jedoch keine anderen Folgen haben, als dass die Berechnung des Kraftstroms etwas umständlicher werden wird. Dass das Resultat dasselbe sein wird wie früher, ist indessen leicht einzusehen, um so mehr, als die beiden Gebiete, wo die Kraftströme einander kompensieren müssen, nebeneinander liegen.

Als die obenerwähnte Arbeit erschien, lagen keine anderen Beobachtungen über die Schwerkraft auf den Ozeanen vor, als die, die auf der norwegischen Nordpolarexpedition ausgeführt worden waren. Unter diesen findet sich eine, die über einer Meerestiefe von mehr als 2000 m. und in einer Entfernung von nur ca. 60 km. von dem jähen Abfall des asiatischen Kontinents gegen das Polarbassin gemacht wurde. Diese Beobachtung gibt offenbar einen zu kleinen Wert für die Acceleration; ich erwähnte deshalb damals, dass diese Beobachtung vielleicht als eine Bestätigung des Ergebnisses, zu dem ich gelangt war, betrachtet werden könne, nämlich dass die Schwerkraft auf der Tiefsee ausserhalb des Küstenrandes geringer als normal sein muss.

Seit der Zeit hat Professor Hecker für die internationale Erdmessung eine Reihe von Messungen der Schwerkraft über verschiedenen Meeren nach einer von Professor Mohn zuerst näher entwickelten Methode ausgeführt, indem er gleichzeitig den Luftdruck mit Hilfe von Barometer und Hypsometer bestimmte. Die Observationen über dem atlantischen Ozean liegen vollständig berechnet vor [1]. Als Ergebnis seiner Untersuchungen führt Hecker an, dass die Schwerkraft auf dem atlantischen Ozean zwischen Lissabon und Bahia, zwischen welchen Orten die Messungen ausgeführt wurden, als nahezu normal betrachtet werden muss. Er findet nämlich, dass der Unterschied zwischen der Acceleration für Tiefsee und für Flachsee längs den Kontinenten angenähert dem Unterschiede entspricht, den man zwischen der Acceleration für das Innere der Kontinente und für die Küstenstationen beobachtet. Wie es sich speziell mit der Schwerkraft auf der Tiefsee gerade ausserhalb des Küstenrandes verhält, hat Hecker nicht näher untersucht. Soviel ich verstehen kann, bestätigen indessen seine Untersuchungen vollständig das Ergebnis, zu dem ich gekommen bin. Wie nämlich aus beigefügten Tabellen [2], die das Ergebnis von Heckers Berechnungen über die Abweichung von der normalen Schwerkraft an den verschiedenen Stellen enthält, ersichtlich ist, sind diese Abweichungen

[1] Bestimmung der Schwerkraft auf dem atlantischen Ocean sowie in Rio de Janeiro, Lissabon und Madrid von O. Hecker. 1903.

[2] l. c. Tabellen Pag. 84 und 85.

Einzelwerte für die Schwereanomalien

auf der Reise Hamburg—Rio de Janeiro.

Datum 1901.	Geogr. Breite.	Geogr. Länge.	Meerestiefe.	Örtlichkeit.	Δg in cm.	Gewicht.	Mittel.
			m.				
Juli 28 p.	51° 25′ N.	3° 56′ E.	80	Kanal	+ 0.053	1	
— 28 p.	51 25	3 40	160	—	+ 0.016	1	
— 29 a.	49 58	1 1 W.	60	—	— 0.118	2/3	— 0.015
— 29 a.	49 50	1 17	80	—	— 0.035	1	
— 29 p.	49 45	2 29	90	—	0.000	1/3	
— 29 p.	49 39	2 45	80	—	— 0.067	1/3	
— 30 p.	46 49	6 35	1000	Tiefe Senkung im Golf von Biscaya	— 0.177	1	— 0.127
— 30 p.	46 37	6 41	1500	—	— 0.077	1	
— 31 p.	43 20	9 3	150	Span. Küste von Coruña	+ 0.037	2/3	+ 0.006
— 31 p.	43 11	9 20	150	—	— 0.014	1	
Aug. 3 a.	38 41	9 15	200	Mündung des Tejo	+ 0.152	1	+ 0.152
— 3 p.	37 59	9 40	1200	Nähe der portugies. Küste	— 0.133	1	— 0.088
— 3 p.	37 49	9 46	3500	—	— 0.044	1	
— 4 a.	35 2	11 56	3600	Tiefsee	+ 0.151	1	+ 0.146
— 4 a.	34 51	12 3	3500	—	+ 0.142	1	
— 4 p.	33 53	12 37	4000	—	— 0.055	1	
— 4 p.	33 42	12 44	4000	—	— 0.017	1	— 0.028
— 5 a.	30 57	14 38	3600	—	— 0.030	1	
— 5 a.	30 45	14 45	3600	—	— 0.009	1	
— 5 p.	29 51	15 13	3800	In der Nähe der Canarien	+ 0.026	2/3	
— 5 p.	29 39	15 20	3800	—	— 0.019	2/3	+ 0.003
— 6 p.	27 17	17 4	4000	—	— 0.026	1	
— 6 p.	27 6	17 12	4000	—	+ 0.030	1	
— 7 a.	24 16	19 18	4200	Tiefsee	+ 0.013	1	
— 7 a.	24 4	19 26	4200	—	— 0.009	1	
— 7 p.	23 16	20 1	3400	—	— 0.035	1	
— 7 p.	23 6	20 9	4000	—	— 0.009	1	+ 0.003
— 8 a.	20 19	22 16	4200	—	0.000	1	
— 8 a.	20 8	22 25	4200	—	— 0.043	1	
— 8 p.	19 15	22 53	4200	—	+ 0.090	2/3	
— 8 p.	19 6	23 0	4200	—	+ 0.071	2/3	
— 9 p.	15 26	25 36	4600	In der Nähe der Cap Verden	— 0.086	1	— 0.032
— 9 p.	15 14	25 41	4600	—	+ 0.022	1	
— 10 a.	11 52	26 57	5600	Tiefsee	— 0.065	1	
— 10 a.	11 44	26 59	5600	—	— 0.146	1	— 0.038
— 10 p.	10 54	27 21	5600	—	+ 0.043	1	
— 10 p.	10 44	27 55	5600	—	+ 0.017	1	
— 12 a.	3 37	29 47	4000	Äquatorialrücken	+ 0.058	1	+ 0.058
— 13 a.	0 18 S.	31 30	4000	Tiefsee	— 0.019	2/3	+ 0.013
— 13 a.	0 28	31 34	4400	—	+ 0.045	2/3	
— 14 p.	5 28	33 19	5000	In der Nähe von Fernando Nor.	— 0.013	2/3	— 0.013
— 15 a.	8 36	34 53	40	In der Nähe von Pernambuco	+ 0.093	2/3	
— 15 a.	8 48	34 58	40	—	+ 0.161	2/3	+ 0.114
— 15 p.	9 34	35 20	50	In der Nähe der brasil. Küste	+ 0.106	2/3	
— 15 p.	9 42	35 26	50	—	+ 0.097	2/3	
— 16 a.	12 1	37 28	1500	—	— 0.048	1	— 0.044
— 16 a.	12 12	37 37	160	—	— 0.040	1	
— 16 p.	12 57	38 31	14	Im Hafen von Bahia	+ 0.023	1	
— 16 p.	12 57	38 31	14	—	— 0.027	1	— 0.006
— 17 p.	12 57	38 31	14	—	+ 0.027	1	
— 17 p.	12 57	38 31	14	—	— 0.048	1	

Einzelwerte für die Schwereanomalien

auf der Reise Rio de Janeiro — Lissabon.

Datum 1901.	Geogr. Breite.	Geogr. Länge.	Meeres-tiefe.	Örtlichkeit.	Δg in cm.	Gewicht.	Mittel.
			m.				
Sept. 16 a.	17° 26′ S.	38° 36′ W.	50	In der Nähe der brasil. Küste	+ 0.088	2/3	+ 0.073
— 16 a.	17 13	38 36	400	—	+ 0.058	2/3	
— 17 a.	12 57	38 31	40	Im Hafen von Bahia	+ 0.037	1/3	+ 0.067
— 17 a.	12 57	38 31	40	—	+ 0.097	2/3	
— 18 a.	11 43	36 56	3200	Im Mittel etwa 100 km. von der brasil. Küste	— 0.129	1	
— 18 a.	11 35	36 49	3200		— 0.135	2/3	
— 18 p.	10 40	35 56	3000		— 0.103	2/3	
— 18 p.	10 32	35 48	3000		— 0.065	2/3	— 0.028
— 19 a	7 38	34 1	3600		— 0.058	2/3	
— 19 a.	7 27	33 55	4000		+ 0.006	2/3	
— 19 p.	6 34	33 29	4800		+ 0.084	2/3	
— 19 p.	6 23	33 20	5000		+ 0.123	2/3	
— 20 a.	3 7	31 59	5000	Tiefsee.	— 0.058	2/3	
— 20 a.	2 58	31 55	5000?	—	— 0.097	2/3	— 0.021
— 20 p.	2 5	31 28	5000?	—	— 0.032	2/3	
— 20 p.	1 58	31 23	5000	—	+ 0.103	2/3	
— 21 a.	1 4 N.	30 8	2400	Äquatorialrücken, Nähe von St. Paul	+ 0.129	2/3	
— 21 a.	1 15	30 3	2400	—	+ 0.032	2/3	+ 0.103
— 21 p.	2 15	29 33	2000	—	+ 0.148	2/3	
— 22 a.	5 31	27 57	4400	Tiefsee	+ 0.097	2/3	
— 22 p.	6 31	27 29	5000	—	+ 0.071	2/3	
— 22 p.	6 39	27 25	5000	—	+ 0.019	2/3	
— 23 a.	9 33	26 2	5600	—	— 0.050	2/3	+ 0.028
— 23 a.	9 43	25 57	5600	—	— 0.013	2/3	
— 23 p.	10 46	25 27	5600	—	+ 0.052	2/3	
— 24 a.	13 54	23 49	4600	In der Nähe der Cap Verden	+ 0.006	2/3	— 0.026
— 24 a.	14 4	23 44	4600	—	— 0.058	2/3	
— 25 a.	17 57	21 32	3600	Tiefsee	+ 0.026	2/3	
— 25 a.	18 8	21 27	3600	—	+ 0.065	2/3	
— 25 p.	19 10	20 58	4000	—	— 0.039	2/3	
— 25 p.	19 19	20 54	4000	—	+ 0.052	2/3	
— 26 a.	21 54	19 46	3800	—	— 0.103	2/3	— 0.007
— 26 p.	22 51	19 12	3600	—	+ 0.019	1	
— 26 p.	22 59	19 8	3600	—	— 0.065	2/3	
— 27 a.	25 29	17 45	3600	—	— 0.045	2/3	
— 27 a.	25 38	17 40	3600	—	— 0.006	2/3	
— 28 p.	29 11	15 41	4000	In der Nähe der Canarien	— 0.058	2/3	— 0.058

überall, wo sich der Observationsort auf der Tiefsee etwas ausserhalb des Küstenrandes befindet, durchgehends negativ zum Zeichen, dass die Schwerkraft dort geringer ist als normal. Benutzt man ohne weiteres die von Hecker in diesen Tabellen angewandte Zusammenstellung der Beobachtungen, so erhält man folgende Werte für die Abweichungen Δg an den unten angeführten Orten:

		Δg
Die tiefe Senkung im Viscayischen Meerbusen	Tiefe 1000—1500 m.	— 0.127 cm.
In der Nähe der portugiesischen Küste	» 1200—3500 »	— 0.088 »
—»— » kanarischen Inseln .	» 3800—4000 »	+ 0.003 »
—»— » kapverdischen Inseln	» 4600 »	— 0.032 »
—»— » brasilianischen Küste	» 160—1500 »	— 0.044 »
Im Mittel 100 km. von der brasilianischen Küste	» 3200—5000 »	— 0.028 »
In der Nähe der kapverdischen Inseln	» 4600 »	— 0.026 »
—»— » kanarischen Inseln .	» 4000 »	— 0.058 »

Mit Ausnahme der Observationen auf der Ausreise in der Nähe der kanarischen Inseln geben alle diese Beobachtungen negative Werte für Δg. Wie oben erwähnt ist bei dieser Zusammenstellung der Observationen keine besondere Rücksicht genommen auf die Lage der Observationsorte im Verhältnis zum Küstenrande. Versucht man, diejenigen Observationen, wo die Schwerkraft geringer als normal zu vermuten ist, zusammenzustellen, wird man — wie aus Nachstehendem ersichtlich — nach wie vor durchgehends negative Werte für die Abweichungen Δg finden, obwohl diese nicht allein von der wirklich vorhandenen örtlichen Abweichung von der normalen Schwerkraft, sondern auch von den Observationsfehlern bedingt wird. Die Gruppierung der Beobachtungen habe ich auf folgende Weise auszuführen versucht. Der Heckerschen Arbeit ist eine Karte beigefügt, worauf die Reiserute und die Tiefenverhältnisse angegeben sind. Wo die Rutenlinie sich dem Küstenrande nähert, habe ich ein Zeichen gesetzt so weit von diesem wie ich mir denken konnte, dass man die Schwerkraft geringer als normal zu finden erwarten durfte. Alle Beobachtungen auf der Tiefsee innerhalb und in unmittelbarer Nähe der so bezeichneten Stellen habe ich als zu der Zone gehörig betrachtet, wo die Schwerkraft geringer sein muss als normal. Folgende Tabelle enthält die derart bestimmten Observationsorte mit dazugehörigen Abweichungen Δg.

Auf der Ausreise.

	Breite.	Tiefe.	Δg in cm.	Mittel.	Gewicht.
Die tiefe Senkung im Viscayischen Meerbusen	46° 49′ N.	1000 m.	—0.177	—0.127	1
Do. do.	46° 37′ »	1500 »	—0.077		1
In der Nähe der portugiesischen Küste	37° 59′ »	1200 »	—0.133	—0.088	1
Do. do.	37° 49′ »	3500 »	—0.044		1
In der Nähe der afrikanischen Küste	30° 57′ »	3600 »	—0.030	—0.020	1
Do. do.	30° 45′ »	3600 »	—0.009		1
In der Nähe der kanarischen Inseln	29° 51′ »	3800 »	+0.026	+0.003	⅔
Do. do.	29° 39′ »	3800 »	—0.019		⅔
Do. do.	27° 17′ »	4000 »	—0.026		1
Do. do.	27° 6′ »	4000 »	+0.030		1
In der Nähe der kapverdischen Inseln	15° 26′ »	4600 »	—0.086	—0.032	1
Do. do.	15° 14′ »	4600 »	+0.022		1
In der Nähe der brasilianischen Küste	12° 1′ S.	1500 »	—0.048	—0.048	1

Auf der Heimreise.

	Breite.	Tiefe.	Δg in cm.	Mittel.	Gewicht.
In der Nähe der brasilianischen Küste	11° 43′ S.	3200 m.	—0.129	—0.076	⅓
Do. do.	11° 35′ »	3200 »	—0.135		⅔
Do. do.	10° 40′ »	3000 »	—0.103		⅔
Do. do.	10° 32′ »	3000 »	—0.065		⅔
Do. do.	7° 38′ »	3600 »	—0.058		⅔
Do. do.	7° 27′ »	4000 »	+0.006		⅔
In der Nähe der kapverdischen Inseln	13° 54′ N.	4600 »	+0.006	—0.026	⅔
Do. do.	14° 4′ »	4600 »	—0.058		⅔
In der Nähe der afrikanischen Küste	21° 54′ »	3800 »	—0.103	—0.037	⅔
Do. do.	22° 51′ »	3600 »	+0.019		⅔
Do. do.	22° 59′ »	3600 »	—0.065		⅓
Do. do.	25° 29′ »	3600 »	—0.045		⅔
Do. do.	25° 38′ »	3600 »	—0.006		⅔
In der Nähe der kanarischen Inseln	29° 11′ »	4000 »	—0.058	—0.058	⅔

Wie man sieht, sind nicht allein die Mittelwerte fast ohne Ausnahme negativ, sondern auch die einzelnen Beobachtungen geben durchgehends negative Werte für die Abweichung der Schwerkraft.

Dass die Schwerkraft an den oben angeführten Stellen merkbar verschieden ist und speziell geringer ist als an den übrigen untersuchten Punkten des atlantischen Ozeans, tritt deutlich hervor, wenn man die Beobachtungen in 3 Gruppen teilt, die denen auf der Flachsee, auf der Tiefsee in der Nähe des Küstenrandes und auf der Tiefsee weiter von den Kontinenten entsprechen.

Nimmt man nämlich das Mittel der Schwerkraftabweichungen jeder Gruppe, so erhält man folgendes Ergebnis:

	Mittel von Δg		Gewicht
für die Beobachtungen auf der Flachsee	+ 0.031 cm.,	22 Beobachtungen,	17.2
für die Beobachtungen auf der Tiefsee die Küste entlang .	— 0.049 » ,	27 —»— ,	21.0
für die Beobachtungen auf der Tiefsee weiter vom Lande .	+ 0.020 » ,	39 —»— ,	31.0

Die Schwerkraft auf der Tiefsee gerade ausserhalb des Küstenrandes zeigt somit deutlich ein anderes Verhältnis als an den übrigen Stellen des atlantischen Ozeans; denn dieser durchgehends negative Wert der Schwerkraftabweichung kann nicht auf einer Zufälligkeit beruhen. Um dies Verhältnis näher zu beleuchten, habe ich es indessen für notwendig gehalten, die Observationen mit dem Zweck vor Augen zu berechnen, den Unterschied zwischen der Schwerkraft draussen auf dem atlantischen Meere und auf der Tiefsee in der Nähe des Küstenrandes zu bestimmen. Ich habe diese Berechnung unter zwei etwas verschiedenen Voraussetzungen ausgeführt; beide leiten, wie man unten sehen wird, zu demselben Resultat mit Rücksicht auf den betreffenden Punkt.

Wird die normale Acceleration an der Meeresoberfläche g_n genannt, so hat man nach Helmert, wenn das Glied mit $\cos^2 2\varphi$ ausser Betracht gelassen wird,

$$g_n = 980,632\,(1 - 0,002644 \cos 2\varphi)\ \text{cm.} = g_{45}\,(1 - \beta \cos 2\varphi).$$

Wird die Acceleration auf dem atlantischen Meere mit g bezeichnet, so werden wir in Übereinstimmung mit Hecker setzen

$$g = g_{45}\,(1 - \beta \cos 2\varphi) + \Delta g,$$

wo Δg als konstant, unabhängig von der Breite auf dem untersuchten Teile des Ozeans, angenommen wird. Für die Acceleration g_k auf der Flachsee werden wir dann haben $g_k = g + \varkappa_1$ und auf der Tiefsee ausserhalb des Küstenrandes $g_v = g + \varkappa_2$.

Wird der beobachtete Barometerstand B genannt und der aus den Hypsometern hergeleitete S, so erhält man für eine Observation draussen auf dem Ozean

$$S \,.\, g_{45} = B \,.\, g, \qquad \text{I}$$

unter der Voraussetzung, dass die Angaben des Hypsometers sich auf g_{45} beziehen.

S und B sind indessen beide ausser mit Observationsfehlern mit Fehlern behaftet, die wie Hecker angibt, teils als konstante, den benutzten Apparaten eigene Korrektionen oder als Korrektionen, die sich mit der Zeit kontinuierlich verändern, zu betrachten sind, teils als Korrektionen, abhängig von den Observationsbedingungen, nämlich von dem Pumpen der Barometer und von der Veränderung des Luftdrucks während des Versuchs. Werden die direkt beobachteten Grössen mit S_0 und B_0 bezeichnet, so kann man

$$S = S_0 + k' + ta' + mc',$$

setzen, wo t die Zeit angibt, von einem willkürlich gewählten Ausgangspunkt an gerechnet, und m von der Veränderung des Luftdrucks während des Versuchs abhängt.

In ähnlicher Weise hat man

$$B = B_0 + k'' + ta'' + nb' + mc''$$

wo n von dem Pumpen abhängt.

Werden diese Werte in die Gleichung I eingeführt, so erhält man

$$(S_0 + k' + ta' + mc')\, g_{45} = (B_0 + k'' + ta'' + nb' + mc'')\, g.$$

Wird $B_0 g_{45}$ auf beiden Seiten abgezogen und ordnet man, so geht die Gleichung über in

$$(S_0 - B_0)\, g_{45} - B_0 (g - g_{45}) =$$
$$= (k''g - k'g_{45}) + t\,(a''g - a'g_{45}) + ngb' + m\,(c''g - c'g_{45}).$$

In den Korrektionsgliedern kann man hier g als konstant betrachten; g kann nämlich kaum mehr variieren, als was der Unterschied zwischen der Acceleration in Lissabon und Rio de Janeiro beträgt, oder ca. 13 mm.,

das heisst ungefähr $1,3\ 10^{-3}$ des Wertes. Wird mit g_{45} dividiert, kann daher die Gleichung unter die Form

$$(S_0 - B_0) - B_0 \frac{g - g_{45}}{g_{45}} + k + ta + nb + mc = 0 \qquad \text{II}$$

gebracht werden, wo k, a, b und c als konstant zu betrachten sind.

Nach dem Vorhergehenden ist indessen

$$\frac{g - g_{45}}{g_{45}} = -\beta \, . \cos 2\varphi + \frac{\Delta g}{g_{45}}$$

was in II eingesetzt, ergibt

$$(S_0 - B_0) - B_0 (-\beta \cos 2\varphi) - \frac{B_0}{g_{45}} \Delta g + k + ta + nb + mc =$$

$$= (S_0 - B_0) - B_0 (-\beta \cos 2\varphi) + k_1 + ta + nb + mc = 0\,; \qquad \text{III}$$

da Δg klein sein muss, kann man nämlich den Faktor B_0 als konstant betrachten und das Glied $-\frac{B_0}{g_{45}} \Delta g$ mit der Konstante k vereinigen.

Bei den Observationen auf der Flachsee und auf der Tiefsee ausserhalb des Küstenrandes ist der obenstehenden Gleichung hinzuzufügen:

$$-\frac{B_0}{g_{45}} \varkappa_1 = -\varkappa_1{}'$$

respektive $$-\frac{B_0}{g_{45}} \varkappa_2 = -\varkappa_2{}'.$$

Um näher zu untersuchen, wie es sich draussen auf dem Ozean mit der Schwerkraft verhält, habe ich die Observationen auch unter der Voraussetzung berechnet, dass die Acceleration g auf dem Ozean zu

$$g = g'_{45} (1 - \beta' \cos 2\varphi)$$

angesetzt werden kann; hieraus folgt

$$\Delta g = g - g_n = (g'_{45} - g_{45}) - (\beta' g'_{45} - \beta\, g_{45}) \cos 2\varphi = \lambda - \sigma \cos 2\varphi.$$

In der Gleichung III wird dann auf der linken Seite das Glied $+ \sigma' \cos 2\varphi$ hinzuzufügen sein, wo $\sigma' = \frac{B_0}{g_{45}} \sigma$ ist.

Mit Rücksicht auf die Berechnungen ist zu bemerken, dass ich die Beobachtungen mitgenommen habe, die über einer Meerestiefe zwischen

1000 m. und 2000 m. ausgeführt wurden, die Hecker ausser Betracht gelassen hat. Diese Stellen gehören zu denen, wo die Schwerkraft als unter der normalen angenommen werden muss. Auf dem Rückwege ging die Reise dicht an der Felseninsel St. Paul vorbei; da die Schwerkraft auf einer Insel im Ozean durchgehends grösser ist als normal, und St. Paul als die aufragende Spitze einer Insel zu betrachten ist, deren übriger Teil unter das Meer gesenkt ist, so steht zu erwarten, dass die Acceleration in unmittelbarer Nähe dieser Felseninsel grösser als normal sein muss. Dies zeigt auch Heckers Tabelle, indem das Mittel von Δg für die 3 Observationen in der Nähe von St. Paul + 1.03 mm. ist. Ich habe es daher für das Richtigste gehalten, diese 3 Observationen mit denen zusammenzustellen, die auf der Flachsee ausgeführt wurden.

Schliesslich ist zu bemerken, dass da die Grössen $\varkappa_1'$, $\varkappa_2'$, σ' denselben Wert für alle Observationen haben, so habe ich bei der Berechnung die Beobachtungen mit den beiden photographischen Barometern nicht jede für sich berechnet, sondern beide Reihen kombiniert.

Nachstehend folgen die Fehlergleichungen, zunächst die unter der Voraussetzung $\sigma = 0$, darnach die unter der Voraussetzung, dass σ möglicherweise verschieden von Null ist.

Reise Hamburg—Rio de Janeiro.

Thermometersatz I.

Mittel der visuellen Barometer.

$v =$	+ 0.265	$+ k_1$	− 8.9 a	+ 0.00 b	+ 0.05 c	$- \varkappa_1'$	= + 0.027 mm.
	+ 0.160	$+ k_1$	− 8.1	+ 0.20	+ 0.06	$- \varkappa_1'$	= − 0.103
	+ 0.235	$+ k_1$	− 7.8	+ 0.24	+ 0.02	$- \varkappa_1'$	= − 0.024
	+ 0.170	$+ k_1$	− 6.9	+ 0.28	+ 0.05	$- \varkappa_2'$	= − 0.045
	+ 0.345	$+ k_1$	− 5.9	+ 0.46	− 0.02	$- \varkappa_1'$	= + 0.065
	+ 0.345	$+ k_1$	− 3.0	+ 0.00	+ 0.09	$- \varkappa_1'$	= + 0.073
	+ 0.245	$+ k_1$	− 2.9	+ 0.39	+ 0.02	$- \varkappa_2'$	= + 0.008
	+ 0.370	$+ k_1$	− 2.1	+ 0.34	+ 0.01		= + 0.101
	+ 0.205	$+ k_1$	− 1.9	+ 0.24	− 0.01		= − 0.052
	+ 0.275	$+ k_1$	− 1.1	+ 0.31	+ 0.09	$- \varkappa_2'$	= + 0.023
	+ 0.260	$+ k_1$	− 0.9	+ 0.28	− 0.02	$- \varkappa_2'$	= + 0.034
	+ 0.230	$+ k_1$	+ 0.2	+ 0.39	− 0.07	$- \varkappa_2'$	= − 0.001
	+ 0.250	$+ k_1$	+ 0.9	+ 0.44	+ 0.00		= − 0.040
	+ 0.215	$+ k_1$	+ 1.2	+ 0.42	− 0.01		= − 0.072
	+ 0.290	$+ k_1$	+ 1.9	+ 0.48	− 0.08		= + 0.009
	+ 0.370	$+ k_1$	+ 2.2	+ 0.56	− 0.02		= + 0.067
	+ 0.240	$+ k_1$	+ 3.2	+ 0.77	+ 0.01	$- \varkappa_2'$	= − 0.057
	+ 0.265	$+ k_1$	+ 4.0	+ 0.50	+ 0.00		= − 0.044
	+ 0.390	$+ k_1$	+ 4.2	+ 0.75	+ 0.02		= + 0.052
	+ 0.310	$+ k_1$	+ 6.9	+ 0.63	− 0.01		= − 0.022
	+ 0.340	$+ k_1$	+ 9.9	+ 0.47	+ 0.03	$- \varkappa_2'$	= + 0.038
	+ 0.300	$+ k_1$	+ 10.4	+ 0.10	− 0.03	$- \varkappa_1'$	= − 0.013
	+ 0.310	$+ k_1$	+ 10.8	+ 0.10	+ 0.07	$- \varkappa_1'$	= − 0.026

Photographisches Barometer I.

$v =$	-0.20	$+k_1$	$-8.9\,a$	$+0.00\,b$	$+0.05\,c$	$-\varkappa_1'$	$= -0.022$ mm.
	-0.33	$+k_1$	-6.9	$+0.28$	$+0.05$	$-\varkappa_2'$	$= -0.045$
	-0.15	$+k_1$	-3.0	$+0.00$	$+0.09$	$-\varkappa_1'$	$= +0.043$
	-0.30	$+k_1$	-2.8	$+0.39$	$+0.02$	$-\varkappa_2'$	$= -0.030$
	-0.08	$+k_1$	-2.1	$+0.34$	$+0.01$		$= +0.129$
	-0.27	$+k_1$	-1.9	$+0.24$	-0.01		$= -0.062$
	-0.29	$+k_1$	-1.1	$+0.31$	$+0.09$	$-\varkappa_2'$	$= +0.008$
	-0.20	$+k_1$	$+0.2$	$+0.39$	-0.07	$-\varkappa_2'$	$= +0.040$
	-0.14	$+k_1$	$+0.9$	$+0.44$	$+0.00$		$= +0.061$
	-0.25	$+k_1$	$+1.2$	$+0.42$	-0.01		$= -0.052$
	-0.17	$+k_1$	$+1.9$	$+0.48$	-0.08		$= +0.002$
	-0.28	$+k_1$	$+3.2$	$+0.77$	$+0.01$	$-\varkappa_2'$	$= -0.033$
	-0.24	$+k_1$	$+4.0$	$+0.50$	$+0.00$		$= -0.042$
	-0.20	$+k_1$	$+4.2$	$+0.75$	$+0.02$		$= -0.009$
	-0.14	$+k_1$	$+6.0$	$+0.60$	-0.05		$= +0.036$
	-0.26	$+k_1$	$+8.2$	$+0.65$	$+0.08$		$= -0.042$
	-0.13	$+k_1$	$+9.0$	$+0.73$	-0.03	$-\varkappa_1'$	$= -0.015$
	-0.11	$+k_1$	$+9.2$	$+0.59$	$+0.04$	$-\varkappa_1'$	$= +0.037$
	-0.22	$+k_1$	$+9.9$	$+0.47$	$+0.03$	$-\varkappa_2'$	$= +0.052$
	-0.21	$+k_1$	$+10.4$	$+0.10$	-0.03	$-\varkappa_1'$	$= -0.060$
	-0.18	$+k_1$	$+10.8$	$+0.10$	$+0.07$	$-\varkappa_1'$	$= +0.004$

Photographisches Barometer II.

$v =$	-0.48	$+k_1$	$+8.9\,a$	$+0.00\,b$	$+0.05\,c$	$-\varkappa_1'$	$= -0.024$ mm.
	-0.60	$+k_1$	-6.9	$+0.28$	$+0.05$	$-\varkappa_2'$	$= -0.071$
	-0.40	$+k_1$	-3.0	$+0.00$	$+0.09$	$-\varkappa_1'$	$= +0.098$
	-0.59	$+k_1$	-2.8	$+0.39$	$+0.02$	$-\varkappa_2'$	$= -0.047$
	-0.40	$+k_1$	-2.1	$+0.34$	$+0.01$		$= +0.103$
	-0.56	$+k_1$	-1.9	$+0.24$	-0.01		$= -0.028$
	-0.54	$+k_1$	-1.1	$+0.31$	$+0.09$	$-\varkappa_2'$	$= +0.023$
	-0.54	$+k_1$	$+0.2$	$+0.39$	-0.07	$-\varkappa_2'$	$= +0.046$
	-0.52	$+k_1$	$+0.9$	$+0.44$	$+0.00$		$= -0.014$
	-0.50	$+k_1$	$+1.2$	$+0.42$	-0.01		$= +0.016$
	-0.56	$+k_1$	$+1.9$	$+0.48$	-0.08		$= -0.039$
	-0.51	$+k_1$	$+3.2$	$+0.77$	$+0.01$	$-\varkappa_2'$	$= -0.003$
	-0.61	$+k_1$	$+4.0$	$+0.50$	$+0.00$		$= -0.092$
	-0.46	$+k_1$	$+4.2$	$+0.75$	$+0.02$		$= -0.002$
	-0.48	$+k_1$	$+6.0$	$+0.60$	-0.05		$= +0.042$
	-0.51	$+k_1$	$+8.2$	$+0.65$	$+0.08$		$= -0.007$
	-0.43	$+k_1$	$+9.0$	$+0.73$	-0.03	$-\varkappa_1'$	$= +0.022$
	-0.48	$+k_1$	$+9.2$	$+0.59$	$+0.04$	$-\varkappa_1'$	$= -0.008$
	-0.57	$+k_1$	$+9.9$	$+0.47$	$+0.03$	$-\varkappa_2'$	$= +0.060$
	-0.62	$+k_1$	$+10.4$	$+0.10$	-0.03	$-\varkappa_1'$	$= -0.009$
	-0.66	$+k_1$	$+10.8$	$+0.10$	$+0.07$	$-\varkappa_1'$	$= -0.065$

Thermometersatz A.

Mittel der visuellen Barometer.

$v =$	+ 0.325	$+ k_1$	− 8.9 a	+ 0.00 b	+ 0.01 c	$- \varkappa_1'$	= − 0.025 mm.
	+ 0.350	$+ k_1$	− 8.1	+ 0.13	+ 0.11	$- \varkappa_1'$	= − 0.018
	+ 0.325	$+ k_1$	− 7.8	+ 0.24	+ 0.00	$- \varkappa_1'$	= − 0.010
	+ 0.350	$+ k_1$	− 6.8	+ 0.35	+ 0.03	$- \varkappa_2'$	= − 0.022
	+ 0.410	$+ k_1$	− 5.8	+ 0.37	− 0.05	$- \varkappa_1'$	= + 0.091
	+ 0.400	$+ k_1$	− 2.8	+ 0.47	+ 0.00	$- \varkappa_2'$	= + 0.034
	+ 0.465	$+ k_1$	− 2.1	+ 0.29	+ 0.01		= + 0.067
	+ 0.330	$+ k_1$	− 1.8	+ 0.39	− 0.03		= − 0.053
	+ 0.355	$+ k_1$	− 1.1	+ 0.32	− 0.04	$- \varkappa_2'$	= − 0.015
	+ 0.360	$+ k_1$	− 0.8	+ 0.22	− 0.01	$- \varkappa_2'$	= − 0.025
	+ 0.405	$+ k_1$	+ 0.2	+ 0.35	+ 0.02	$- \varkappa_2'$	= + 0.019
	+ 0.390	$+ k_1$	+ 1.0	+ 0.41	+ 0.04		= − 0.015
	+ 0.360	$+ k_1$	+ 1.2	+ 0.51	− 0.02		= − 0.024
	+ 0.310	$+ k_1$	+ 2.0	+ 0.59	− 0.08		= − 0.056
	+ 0.450	$+ k_1$	+ 2.2	+ 0.51	+ 0.05		= + 0.046
	+ 0.385	$+ k_1$	+ 3.2	+ 0.51	+ 0.00	$- \varkappa_2'$	= + 0.008
	+ 0.265	$+ k_1$	+ 4.0	+ 0.73	− 0.03		= − 0.109
	+ 0.435	$+ k_1$	+ 4.2	+ 0.53	+ 0.03		= + 0.033
	+ 0.500	$+ k_1$	+ 7.0	+ 0.62	− 0.03		= + 0.112
	+ 0.310	$+ k_1$	+ 10.0	+ 0.56	− 0.09	$- \varkappa_1'$	= − 0.024
	+ 0.400	$+ k_1$	+ 10.5	+ 0.10	− 0.04	$- \varkappa_1'$	= + 0.022
	+ 0.385	$+ k_1$	+ 10.9	+ 0.10	+ 0.14	$- \varkappa_1'$	= − 0.037

Photographisches Barometer I.

$v =$	− 0.09	$+ k_1$	− 8.9 a	+ 0.00 b	+ 0.01 c	$- \varkappa_1'$	= + 0.055 mm.
	− 0.09	$+ k_1$	− 8.1	+ 0.13	+ 0.11	$- \varkappa_1'$	= − 0.001
	− 0.26	$+ k_1$	− 6.8	+ 0.35	+ 0.03	$- \varkappa_2'$	= − 0.092
	− 0.22	$+ k_1$	− 5.8	+ 0.37	− 0.05	$- \varkappa_1'$	= − 0.041
	− 0.23	$+ k_1$	− 2.8	+ 0.47	+ 0.00	$- \varkappa_2'$	= − 0.068
	− 0.03	$+ k_1$	− 2.1	+ 0.29	+ 0.01		= + 0.098
	− 0.18	$+ k_1$	− 1.8	+ 0.39	− 0.03		= − 0.025
	− 0.18	$+ k_1$	− 1.1	+ 0.32	− 0.04	$- \varkappa_2'$	= − 0.018
	− 0.06	$+ k_1$	+ 0.2	+ 0.35	+ 0.02	$- \varkappa_2'$	= + 0.060
	− 0.09	$+ k_1$	+ 1.0	+ 0.41	+ 0.04		= + 0.004
	− 0.12	$+ k_1$	+ 1.2	+ 0.51	− 0.02		= + 0.014
	− 0.12	$+ k_1$	+ 2.0	+ 0.59	− 0.08		= + 0.047
	− 0.03	$+ k_1$	+ 3.2	+ 0.51	+ 0.00	$- \varkappa_2'$	= + 0.088
	− 0.22	$+ k_1$	+ 4.0	+ 0.73	− 0.03		= − 0.088
	− 0.08	$+ k_1$	+ 4.2	+ 0.53	+ 0.03		= + 0.003
	− 0.07	$+ k_1$	+ 9.0	+ 0.72	− 0.09	$- \varkappa_1'$	= + 0.040
	+ 0.03	$+ k_1$	+ 9.2	+ 0.57	+ 0.03	$- \varkappa_1'$	= + 0.060
	− 0.14	$+ k_1$	+ 10.0	+ 0.56	− 0.09	$- \varkappa_1'$	= − 0.048
	− 0.07	$+ k_1$	+ 10.5	+ 0.10	− 0.04	$- \varkappa_1'$	= − 0.040
	+ 0.03	$+ k_1$	+ 10.9	+ 0.10	+ 0.14	$- \varkappa_1'$	= − 0.046

Photographisches Barometer II.

$v =$	-0.39	$+k_1$	$-8.9\,a$	$+0.00\,b$	$+0.01\,c$	$-\varkappa_1'$	$= +0.019$ mm.
	-0.44	$+k_1$	-8.1	$+0.13$	$+0.11$	$-\varkappa_1'$	$= -0.025$
	-0.46	$+k_1$	-6.8	$+0.35$	$+0.03$	$-\varkappa_2'$	$= -0.009$
	-0.49	$+k_1$	-5.8	$+0.37$	-0.05	$-\varkappa_1'$	$= -0.067$
	-0.47	$+k_1$	-2.8	$+0.47$	$+0.00$	$-\varkappa_2'$	$= -0.016$
	-0.27	$+k_1$	-2.1	$+0.29$	$+0.01$		$= +0.165$
	-0.40	$+k_1$	-1.8	$+0.39$	-0.03		$= +0.038$
	-0.41	$+k_1$	-1.1	$+0.32$	-0.04	$-\varkappa_2'$	$= +0.036$
	-0.42	$+k_1$	$+0.2$	$+0.35$	$+0.02$	$-\varkappa_2'$	$= +0.027$
	-0.45	$+k_1$	$+1.0$	$+0.41$	$+0.04$		$= -0.012$
	-0.45	$+k_1$	$+1.2$	$+0.51$	-0.02		$= -0.008$
	-0.55	$+k_1$	$+2.0$	$+0.59$	-0.08		$= -0.106$
	-0.46	$+k_1$	$+3.2$	$+0.51$	$+0.00$	$-\varkappa_2'$	$= -0.008$
	-0.58	$+k_1$	$+4.0$	$+0.73$	-0.03		$= -0.131$
	-0.44	$+k_1$	$+4.2$	$+0.53$	$+0.03$		$= +0.001$
	-0.26	$+k_1$	$+9.0$	$+0.72$	-0.09	$-\varkappa_1'$	$= +0.169$
	-0.37	$+k_1$	$+9.2$	$+0.57$	$+0.03$	$-\varkappa_1'$	$= +0.053$
	-0.45	$+k_1$	$+10.0$	$+0.56$	-0.09	$-\varkappa_1'$	$= -0.029$
	-0.47	$+k_1$	$+10.5$	$+0.10$	-0.04	$-\varkappa_1'$	$= -0.068$
	-0.43	$+k_1$	$+10.9$	$+0.10$	$+0.14$	$-\varkappa_1'$	$= -0.028$

Ergebnisse der Ausgleichungen.

	Thermometersatz I			Thermometersatz A		
	Visuell	Photogr. I	Photogr. II	Visuell	Photogr. I	Photogr. II
			Unbekannte.			
k_1	-0.244	$+0.224$	$+0.602$	-0.420	$+0.099$	$+0.421$
a	-0.004	$+0.000$	$+0.008$	-0.002	-0.008	-0.001
b	-0.096	-0.054	-0.234	$+0.066$	$+0.064$	$+0.042$
c	-0.214	$+0.338$	-0.195	-0.242	-0.572	$+0.005$
$\varkappa_1'$	$+0.022$	$+0.061$		-0.051	$+0.017$	
	± 0.041	± 0.027		± 0.041	± 0.032	
$\varkappa_2'$	-0.036	-0.060		-0.017	-0.011	
	± 0.033	± 0.022		± 0.034	± 0.031	

Mittel.

$$\varkappa_1' = +0.024 \text{ mm.} \pm 0.017 \text{ mm.}$$
$$\varkappa_2' = -0.038 \text{ mm.} \pm 0.015 \text{ mm.}$$

Reise Rio de Janeiro—Lissabon.

Thermometersatz I.

Photographisches Barometer I.

$v =$	$+0.08$	$+k_1$	$-5.6\,a$	$+0.67\,b$	$-0.03\,c'$	$-\varkappa_1'$	$=-0.008$ mm.
	$+0.11$	$+k_1$	-4.3	$+0.10$	$+0.05$	$-\varkappa_1'$	$=-0.046$
	-0.11	$+k_1$	-3.6	$+0.61$	$+0.00$	$-\varkappa_2'$	$=-0.060$
	-0.02	$+k_1$	-3.3	$+0.62$	$+0.08$	$-\varkappa_2'$	$=+0.029$
	$+0.01$	$+k_1$	-2.6	$+0.66$	-0.05	$-\varkappa_2'$	$=+0.070$
	$+0.11$	$+k_1$	-2.3	$+0.72$	$+0.08$		$=+0.085$
	-0.08	$+k_1$	-1.5	$+0.70$	-0.01		$=-0.103$
	$+0.02$	$+k_1$	-1.3	$+0.80$	$+0.04$		$=+0.007$
	$+0.07$	$+k_1$	-0.6	$+0.58$	-0.04	$-\varkappa_1'$	$=-0.022$
	$+0.05$	$+k_1$	$+0.5$	$+0.55$	-0.05		$=+0.014$
	$+0.05$	$+k_1$	$+0.7$	$+0.55$	$+0.04$		$=+0.011$
	$+0.04$	$+k_1$	$+1.4$	$+0.58$	-0.02		$=+0.008$
	$+0.04$	$+k_1$	$+2.4$	$+0.63$	-0.03	$-\varkappa_2'$	$=+0.101$
	-0.05	$+k_1$	$+3.4$	$+0.91$	$+0.02$		$=-0.043$
	$+0.00$	$+k_1$	$+3.7$	$+0.83$	$+0.02$		$=-0.002$
	-0.13	$+k_1$	$+5.4$	$+1.07$	-0.02	$-\varkappa_2'$	$=-0.014$
	-0.13	$+k_1$	$+6.7$	$+0.96$	$+0.06$	$-\varkappa_2'$	$=-0.028$

Photographisches Barometer II.

$v =$	-0.31	$+k_1$	$-5.6\,a$	$+0.67\,b$	$-0.03\,c$	$-\varkappa_1'$	$=-0.014$ mm.
	-0.21	$+k_1$	-4.3	$+0.10$	$+0.05$	$-\varkappa_1'$	$=+0.020$
	-0.46	$+k_1$	-3.6	$+0.61$	$+0.00$	$-\varkappa_2'$	$=-0.038$
	-0.47	$+k_1$	-3.3	$+0.62$	$+0.08$	$-\varkappa_2'$	$=-0.052$
	-0.45	$+k_1$	-2.6	$+0.66$	-0.05	$-\varkappa_2'$	$=-0.027$
	-0.28	$+k_1$	-2.3	$+0.72$	$+0.08$		$=+0.056$
	-0.37	$+k_1$	-1.5	$+0.70$	-0.01		$=-0.037$
	-0.26	$+k_1$	-1.3	$+0.80$	$+0.04$		$=+0.080$
	-0.19	$+k_1$	-0.6	$+0.58$	-0.04	$-\varkappa_1'$	$=+0.070$
	-0.21	$+k_1$	$+0.5$	$+0.55$	-0.05		$=+0.099$
	-0.33	$+k_1$	$+0.7$	$+0.55$	$+0.04$		$=-0.025$
	-0.45	$+k_1$	$+1.4$	$+0.58$	-0.02		$=-0.144$
	-0.37	$+k_1$	$+2.4$	$+0.63$	-0.03	$-\varkappa_2'$	$=+0.022$
	-0.34	$+k_1$	$+3.4$	$+0.91$	$+0.02$		$=+0.014$
	-0.31	$+k_1$	$+3.7$	$+0.83$	$+0.02$		$=+0.007$
	-0.42	$+k_1$	$+5.4$	$+1.07$	-0.02	$-\varkappa_2'$	$=-0.001$
	-0.40	$+k_1$	$+6.7$	$+0.96$	$+0.06$	$-\varkappa_2'$	$=-0.002$

Thermometersatz A.

Photographisches Barometer I.

$v =$	$+ 0.09$	$+ k_1$	$- 5.5\,a$	$+ 0.82\,b$	$- 0.07\,c$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.001$ mm.
	$+ 0.23$	$+ k_1$	$- 4.3$	$+ 0.10$	$+ 0.06$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.044$
	$+ 0.11$	$+ k_1$	$- 3.2$	$+ 0.58$	$+ 0.06$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.002$
	$+ 0.09$	$+ k_1$	$- 2.5$	$+ 0.64$	$- 0.06$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.058$
	$+ 0.20$	$+ k_1$	$- 2.3$	$+ 0.71$	$+ 0.00$		$= + 0.103$
	$+ 0.00$	$+ k_1$	$- 1.5$	$+ 0.76$	$- 0.02$		$= - 0.079$
	$+ 0.08$	$+ k_1$	$- 1.3$	$+ 0.82$	$+ 0.05$		$= - 0.034$
	$+ 0.02$	$+ k_1$	$- 0.5$	$+ 0.76$	$- 0.10$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.072$
	$+ 0.22$	$+ k_1$	$- 0.3$	$+ 0.75$	$+ 0.09$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.010$
	$+ 0.18$	$+ k_1$	$+ 0.7$	$+ 0.55$	$+ 0.02$		$= + 0.042$
	$+ 0.07$	$+ k_1$	$+ 1.5$	$+ 0.73$	$- 0.09$		$= + 0.022$
	$+ 0.14$	$+ k_1$	$+ 1.7$	$+ 0.58$	$- 0.01$		$= + 0.022$
	$+ 0.07$	$+ k_1$	$+ 2.5$	$+ 0.55$	$- 0.05$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.008$
	$+ 0.04$	$+ k_1$	$+ 3.5$	$+ 0.81$	$- 0.08$		$= - 0.007$
	$+ 0.15$	$+ k_1$	$+ 3.7$	$+ 0.73$	$+ 0.09$		$= - 0.012$
	$+ 0.05$	$+ k_1$	$+ 4.5$	$+ 0.75$	$+ 0.01$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.025$
	$+ 0.10$	$+ k_1$	$+ 4.7$	$+ 0.77$	$+ 0.03$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.015$
	$+ 0.02$	$+ k_1$	$+ 5.5$	$+ 0.91$	$- 0.04$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.004$

Photographisches Barometer II.

$v =$	$- 0.26$	$+ k_1$	$- 5.5\,a$	$+ 0.82\,b$	$- 0.07\,c$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.004$ mm.
	$- 0.05$	$+ k_1$	$- 4.3$	$+ 0.10$	$+ 0.06$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.027$
	$- 0.30$	$+ k_1$	$- 3.2$	$+ 0.58$	$+ 0.06$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.034$
	$- 0.28$	$+ k_1$	$- 2.5$	$+ 0.64$	$- 0.06$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.026$
	$- 0.25$	$+ k_1$	$- 2.3$	$+ 0.71$	$+ 0.00$		$= + 0.017$
	$- 0.35$	$+ k_1$	$- 1.5$	$+ 0.76$	$- 0.02$		$= - 0.071$
	$- 0.29$	$+ k_1$	$- 1.3$	$+ 0.82$	$+ 0.05$		$= - 0.017$
	$- 0.24$	$+ k_1$	$- 0.5$	$+ 0.76$	$- 0.10$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.003$
	$- 0.10$	$+ k_1$	$- 0.3$	$+ 0.75$	$+ 0.09$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.086$
	$- 0.18$	$+ k_1$	$+ 0.7$	$+ 0.55$	$+ 0.02$		$= + 0.041$
	$- 0.34$	$+ k_1$	$+ 1.5$	$+ 0.73$	$- 0.09$		$= - 0.058$
	$- 0.21$	$+ k_1$	$+ 1.7$	$+ 0.58$	$- 0.01$		$= + 0.022$
	$- 0.33$	$+ k_1$	$+ 2.5$	$+ 0.55$	$- 0.05$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.059$
	$- 0.20$	$+ k_1$	$+ 3.5$	$+ 0.81$	$- 0.08$		$= + 0.089$
	$- 0.31$	$+ k_1$	$+ 3.7$	$+ 0.73$	$+ 0.09$		$= - 0.080$
	$- 0.38$	$+ k_1$	$+ 4.5$	$+ 0.75$	$+ 0.01$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.091$
	$- 0.23$	$+ k_1$	$+ 4.7$	$+ 0.77$	$+ 0.03$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.058$
	$- 0.28$	$+ k_1$	$+ 5.5$	$+ 0.91$	$- 0.04$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.051$

Ergebnisse der Ausgleichungen.

	Thermometersatz I		Thermometersatz A	
	Photogr. I	Photogr. II	Photogr. I	Photogr. II
	Unbekannte.			
k_1	− 0.103	+ 0.256	− 0.202	+ 0.119
a	+ 0.001	− 0.005	− 0.002	− 0.003
b	+ 0.117	+ 0.099	+ 0.141	+ 0.198
c	− 0.039	− 0.033	− 0.607	− 0.255
$\varkappa_1'$	+ 0.057		+ 0.059	
	± 0.036		± 0.028	
$\varkappa_2'$	− 0.086		− 0.038	
	± 0.025		± 0.022	

Mittel.

$\varkappa_1' = + 0.058$ mm. ± 0.022 mm.

$\varkappa_2' = - 0.059$ mm. ± 0.017 mm.

Reise Hamburg—Rio de Janeiro.

Thermometersatz I.

Mittel der visuellen Barometer.

$v =$	+ 0.265	$+ k_1$	− 8.9 a	+ 0.00 b	+ 0.05 c	− 0.22 σ'	$- \varkappa_1'$	= + 0.027 mm.
	+ 0.160	$+ k_1$	− 8.1	+ 0.20	+ 0.06	− 0.17	$- \varkappa_1'$	= − 0.102
	+ 0.235	$+ k_1$	− 7.8	+ 0.24	+ 0.02	− 0.17	$- \varkappa_1'$	= − 0.023
	+ 0.170	$+ k_1$	− 6.9	+ 0.28	+ 0.05	− 0.06	$- \varkappa_2'$	= − 0.044
	+ 0.345	$+ k_1$	− 5.6	+ 0.46	− 0.02	+ 0.06	$- \varkappa_1'$	= + 0.066
	+ 0.345	$+ k_1$	− 3.0	+ 0.00	+ 0.09	+ 0.22	$- \varkappa_1'$	= + 0.071
	+ 0.245	$+ k_1$	− 2.9	+ 0.39	+ 0.02	+ 0.24	$- \varkappa_2'$	= + 0.009
	+ 0.370	$+ k_1$	− 2.1	+ 0.34	+ 0.01	+ 0.34		= + 0.102
	+ 0.205	$+ k_1$	− 1.9	+ 0.24	− 0.01	+ 0.38		= − 0.051
	+ 0.275	$+ k_1$	− 1.1	+ 0.31	+ 0.09	+ 0.47	$- \varkappa_2'$	= + 0.022
	+ 0.260	$+ k_1$	− 0.9	+ 0.28	− 0.02	+ 0.50	$- \varkappa_2'$	= + 0.032
	+ 0.230	$+ k_1$	+ 0.2	+ 0.39	− 0.07	+ 0.58	$- \varkappa_2'$	= − 0.002
	+ 0.250	$+ k_1$	+ 0.9	+ 0.44	+ 0.00	+ 0.66		= − 0.040
	+ 0.215	$+ k_1$	+ 1.2	+ 0.42	− 0.01	+ 0.69		= − 0.073
	+ 0.290	$+ k_1$	+ 1.9	+ 0.48	− 0.08	+ 0.76		= + 0.009
	+ 0.370	$+ k_1$	+ 2.2	+ 0.56	− 0.02	+ 0.78		= + 0.067
	+ 0.240	$+ k_1$	+ 3.2	+ 0.77	+ 0.01	+ 0.86	$- \varkappa_2'$	= − 0.059
	+ 0.265	$+ k_1$	+ 4.0	+ 0.50	+ 0.00	+ 0.92		= − 0.045
	+ 0.390	$+ k_1$	+ 4.2	+ 0.75	+ 0.02	+ 0.93		= + 0.052
	+ 0.310	$+ k_1$	+ 6.9	+ 0.63	− 0.01	+ 1.00		= − 0.021
	+ 0.340	$+ k_1$	+ 9.9	+ 0.47	+ 0.03	+ 0.91	$- \varkappa_2'$	= + 0.041
	+ 0.300	$+ k_1$	+ 10.4	+ 0.10	− 0.03	+ 0.90	$- \varkappa_1'$	= − 0.013
	+ 0.310	$+ k_1$	+ 10.8	+ 0.10	+ 0.07	+ 0.90	$- \varkappa_1'$	= − 0.026

Photographisches Barometer I.

$v = -0.20$	$+ k_1$	$- 8.9\, a$	$+ 0.00\, b$	$+ 0.05\, c$	$- 0.22\, \sigma'$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.022$ mm.
$- 0.33$	$+ k_1$	$- 6.9$	$+ 0.28$	$+ 0.05$	$- 0.06$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.046$
$- 0.15$	$+ k_1$	$- 3.0$	$+ 0.00$	$+ 0.09$	$+ 0.22$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.044$
$- 0.30$	$+ k_1$	$- 2.8$	$+ 0.39$	$+ 0.02$	$+ 0.24$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.031$
$- 0.08$	$+ k_1$	$- 2.1$	$+ 0.34$	$+ 0.01$	$+ 0.34$		$= + 0.128$
$- 0.27$	$+ k_1$	$- 1.9$	$+ 0.24$	$- 0.01$	$+ 0.38$		$= - 0.063$
$- 0.29$	$+ k_1$	$- 1.1$	$+ 0.31$	$+ 0.09$	$+ 0.47$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.009$
$- 0.20$	$+ k_1$	$+ 0.2$	$+ 0.39$	$- 0.07$	$+ 0.58$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.040$
$- 0.14$	$+ k_1$	$+ 0.9$	$+ 0.44$	$+ 0.00$	$+ 0.66$		$= + 0.061$
$- 0.25$	$+ k_1$	$+ 1.2$	$+ 0.42$	$- 0.01$	$+ 0.69$		$= - 0.051$
$- 0.17$	$+ k_1$	$+ 1.9$	$+ 0.48$	$- 0.08$	$+ 0.76$		$= + 0.002$
$- 0.28$	$+ k_1$	$+ 3.2$	$+ 0.77$	$+ 0.01$	$+ 0.86$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.032$
$- 0.24$	$+ k_1$	$+ 4.0$	$+ 0.50$	$+ 0.00$	$+ 0.92$		$= - 0.041$
$- 0.20$	$+ k_1$	$+ 4.2$	$+ 0.75$	$+ 0.02$	$+ 0.93$		$= - 0.008$
$- 0.14$	$+ k_1$	$+ 6.0$	$+ 0.60$	$- 0.05$	$+ 0.99$		$= + 0.036$
$- 0.26$	$+ k_1$	$+ 8.2$	$+ 0.65$	$+ 0.08$	$+ 0.98$		$= - 0.042$
$- 0.13$	$+ k_1$	$+ 9.0$	$+ 0.73$	$- 0.03$	$+ 0.96$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.015$
$- 0.11$	$+ k_1$	$+ 9.2$	$+ 0.59$	$+ 0.04$	$+ 0.94$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.037$
$- 0.22$	$+ k_1$	$+ 9.9$	$+ 0.47$	$+ 0.03$	$+ 0.91$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.051$
$- 0.21$	$+ k_1$	$+ 10.4$	$+ 0.10$	$- 0.03$	$+ 0.90$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.060$
$- 0.18$	$+ k_1$	$+ 10.8$	$+ 0.10$	$+ 0.07$	$+ 0.90$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.004$

Photographisches Barometer II.

$v = - 0.48$	$+ k_1$	$- 8.9\, a$	$+ 0.00\, b$	$+ 0.05\, c$	$- 0.22\, \sigma'$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.024$ mm.
$- 0.60$	$+ k_1$	$- 6.9$	$+ 0.28$	$+ 0.05$	$- 0.06$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.072$
$- 0.40$	$+ k_1$	$- 3.0$	$+ 0.00$	$+ 0.09$	$+ 0.22$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.098$
$- 0.59$	$+ k_1$	$- 2.8$	$+ 0.39$	$+ 0.02$	$+ 0.24$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.047$
$- 0.40$	$+ k_1$	$- 2.1$	$+ 0.34$	$+ 0.01$	$+ 0.34$		$= + 0.102$
$- 0.56$	$+ k_1$	$- 1.9$	$+ 0.24$	$- 0.01$	$+ 0.38$		$= - 0.029$
$- 0.54$	$+ k_1$	$- 1.1$	$+ 0.31$	$+ 0.09$	$+ 0.47$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.023$
$- 0.54$	$+ k_1$	$+ 0.2$	$+ 0.39$	$- 0.07$	$+ 0.58$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.047$
$- 0.52$	$+ k_1$	$+ 0.9$	$+ 0.44$	$+ 0.00$	$+ 0.66$		$= - 0.013$
$- 0.50$	$+ k_1$	$+ 1.2$	$+ 0.42$	$- 0.01$	$+ 0.69$		$= + 0.016$
$- 0.56$	$+ k_1$	$+ 1.9$	$+ 0.48$	$- 0.08$	$+ 0.76$		$= - 0.039$
$- 0.51$	$+ k_1$	$+ 3.2$	$+ 0.77$	$+ 0.01$	$+ 0.86$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.002$
$- 0.61$	$+ k_1$	$+ 4.0$	$+ 0.50$	$+ 0.00$	$+ 0.92$		$= - 0.091$
$- 0.46$	$+ k_1$	$+ 4.2$	$+ 0.75$	$+ 0.02$	$+ 0.93$		$= - 0.002$
$- 0.48$	$+ k_1$	$+ 6.0$	$+ 0.60$	$- 0.05$	$+ 0.99$		$= + 0.042$
$- 0.51$	$+ k_1$	$+ 8.2$	$+ 0.65$	$+ 0.08$	$+ 0.98$		$= - 0.007$
$- 0.43$	$+ k_1$	$+ 9.0$	$+ 0.73$	$- 0.03$	$+ 0.96$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.021$
$- 0.48$	$+ k_1$	$+ 9.2$	$+ 0.59$	$+ 0.04$	$+ 0.94$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.008$
$- 0.57$	$+ k_1$	$+ 9.9$	$+ 0.47$	$+ 0.03$	$+ 0.91$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.059$
$- 0.62$	$+ k_1$	$+ 10.4$	$+ 0.10$	$- 0.03$	$+ 0.90$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.010$
$- 0.66$	$+ k_1$	$+ 10.8$	$+ 0.10$	$+ 0.07$	$+ 0.90$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.066$

Thermometersatz A.

Mittel der visuellen Barometer.

$v =$	+ 0.325	$+ k_1$	− 8.9 a	+ 0.00 b	+ 0.01 c	− 0.22 o'	$- \varkappa_1'$	= − 0.025 mm.
	+ 0.350	$+ k_1$	− 8.1	+ 0.13	+ 0.11	− 0.17	$- \varkappa_1'$	= − 0.018
	+ 0.325	$+ k_1$	− 7.8	+ 0.24	+ 0.00	− 0.16	$- \varkappa_1'$	= − 0.010
	+ 0.350	$+ k_1$	− 6.8	+ 0.35	+ 0.03	− 0.06	$- \varkappa_2'$	= − 0.021
	+ 0.410	$+ k_1$	− 5.8	+ 0.37	− 0.05	+ 0.06	$- \varkappa_1'$	= + 0.091
	+ 0.400	$+ k_1$	− 2.8	+ 0.47	+ 0.00	+ 0.25	$- \varkappa_2'$	= + 0.035
	+ 0.465	$+ k_1$	− 2.1	+ 0.29	+ 0.01	+ 0.35		= + 0.067
	+ 0.330	$+ k_1$	− 1.8	+ 0.39	− 0.03	+ 0.38		= − 0.052
	+ 0.355	$+ k_1$	− 1.1	+ 0.32	− 0.04	+ 0.48	$- \varkappa_2'$	= − 0.015
	+ 0.360	$+ k_1$	− 0.8	+ 0.22	− 0.01	+ 0.51	$- \varkappa_2'$	= − 0.025
	+ 0.405	$+ k_1$	+ 0.2	+ 0.35	+ 0.02	+ 0.59	$- \varkappa_2'$	= + 0.019
	+ 0.390	$+ k_1$	+ 1.0	+ 0.41	+ 0.04	+ 0.67		= − 00.15
	+ 0.360	$+ k_1$	+ 1.2	+ 0.51	− 0.02	+ 0.69		= − 0.024
	+ 0.310	$+ k_1$	+ 2.0	+ 0.59	− 0.08	+ 0.76		= − 0.057
	+ 0.450	$+ k_1$	+ 2.2	+ 0.51	+ 0.05	+ 0.79		= + 0.046
	+ 0.385	$+ k_1$	+ 3.2	+ 0.51	+ 0.00	+ 0.86	$- \varkappa_2'$	= + 0.007
	+ 0.265	$+ k_1$	+ 4.0	+ 0.73	− 0.03	+ 0.92		= − 0.110
	+ 0.435	$+ k_1$	+ 4.2	+ 0.53	+ 0.03	+ 0.93		= + 0.033
	+ 0.500	$+ k_1$	+ 7.0	+ 0.62	− 0.03	+ 1.00		= + 0.112
	+ 0.310	$+ k_1$	+ 10.0	+ 0.56	− 0.09	+ 0.91	$- \varkappa_1'$	= − 0.024
	+ 0.400	$+ k_1$	+ 10.5	+ 0.10	− 0.04	+ 0.90	$- \varkappa_1'$	= + 0.023
	+ 0.385	$+ k_1$	+ 10.9	+ 0.10	+ 0.14	+ 0.90	$- \varkappa_1'$	= − 0.036

Photographisches Barometer I.

$v =$	− 0.09	$+ k_1$	− 8.9 a	+ 0.00 b	+ 0.01 c	− 0.22 o'	$- \varkappa_1'$	= + 0.049 mm.
	− 0.09	$+ k_1$	− 8.0	+ 0.13	+ 0.11	− 0.17	$- \varkappa_1'$	= − 0.003
	− 0.26	$+ k_1$	− 6.8	+ 0.35	+ 0.03	− 0.06	$- \varkappa_2'$	= − 0.078
	− 0.22	$+ k_1$	− 5.8	+ 0.37	− 0.05	+ 0.06	$- \varkappa_1'$	= − 0.047
	− 0.23	$+ k_1$	− 2.8	+ 0.47	+ 0.00	+ 0.25	$- \varkappa_2'$	= − 0.058
	− 0.03	$+ k_1$	− 2.1	+ 0.29	+ 0.01	+ 0.35		= + 0.105
	− 0.18	$+ k_1$	− 1.8	+ 0.39	− 0.03	+ 0.38		= − 0.017
	− 0.18	$+ k_1$	− 1.1	+ 0.32	− 0.04	+ 0.48	$- \varkappa_2'$	= − 0.023
	− 0.06	$+ k_1$	+ 0.2	+ 0.35	+ 0.02	+ 0.59	$- \varkappa_2'$	= + 0.053
	− 0.09	$+ k_1$	+ 1.0	+ 0.41	+ 0.04	+ 0.67		= + 0.002
	− 0.12	$+ k_1$	+ 1.2	+ 0.51	− 0.02	+ 0.69		= + 0.012
	− 0.12	$+ k_1$	+ 2.0	+ 0.59	− 0.08	+ 0.76		= + 0.045
	− 0.03	$+ k_1$	+ 3.2	+ 0.57	+ 0.00	+ 0.86	$- \varkappa_2'$	= + 0.076
	− 0.22	$+ k_1$	+ 4.0	+ 0.73	− 0.03	+ 0.92		= − 0.090
	− 0.08	$+ k_1$	+ 4.2	+ 0.53	+ 0.03	+ 0.93		= − 0.003
	− 0.07	$+ k_1$	+ 9.0	+ 0.72	− 0.09	+ 0.95	$- \varkappa_1'$	= + 0.041
	+ 0.03	$+ k_1$	+ 9.2	+ 0.57	+ 0.03	+ 0.94	$- \varkappa_1'$	= + 0.061
	− 0.14	$+ k_1$	+ 10.0	+ 0.56	− 0.09	+ 0.91	$- \varkappa_1'$	= − 0.041
	− 0.07	$+ k_1$	+ 10.5	+ 0.10	− 0.04	+ 0.90	$- \varkappa_1'$	= − 0.040
	+ 0.03	$+ k_1$	+ 10.9	+ 0.10	+ 0.14	+ 0.90	$- \varkappa_1'$	= − 0.043

Photographisches Barometer II.

$v = -0.39$	$+ k_1$	$- 8.9\ a$	$+ 0.00\ b$	$+ 0.01\ c$	$- 0.22\ \sigma'$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.014$ mm.
$- 0.44$	$+ k_1$	$- 8.1$	$+ 0.13$	$+ 0.11$	$- 0.17$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.028$
$- 0.46$	$+ k_1$	$- 6.8$	$+ 0.35$	$+ 0.03$	$- 0.06$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.006$
$- 0.49$	$+ k_1$	$- 5.8$	$+ 0.37$	$- 0.05$	$+ 0.06$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.072$
$- 0.47$	$+ k_1$	$- 2.8$	$+ 0.47$	$+ 0.00$	$+ 0.25$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.006$
$- 0.27$	$+ k_1$	$- 2.1$	$+ 0.29$	$+ 0.01$	$+ 0.35$		$= + 0.171$
$- 0.40$	$+ k_1$	$- 1.8$	$+ 0.39$	$- 0.03$	$+ 0.38$		$= + 0.046$
$- 0.41$	$+ k_1$	$- 1.1$	$+ 0.32$	$- 0.04$	$+ 0.48$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.031$
$- 0.42$	$+ k_1$	$+ 0.2$	$+ 0.35$	$+ 0.02$	$+ 0.59$	$- \varkappa_2'$	$= + 0.020$
$- 0.45$	$+ k_1$	$+ 1.0$	$+ 0.41$	$+ 0.04$	$+ 0.67$		$= - 0.015$
$- 0.45$	$+ k_1$	$+ 1.2$	$+ 0.51$	$- 0.02$	$+ 0.69$		$= - 0.010$
$- 0.55$	$+ k_1$	$+ 2.0$	$+ 0.59$	$- 0.08$	$+ 0.76$		$= - 0.108$
$- 0.46$	$+ k_1$	$+ 3.2$	$+ 0.51$	$+ 0.00$	$+ 0.86$	$- \varkappa_2'$	$= - 0.020$
$- 0.58$	$+ k_1$	$+ 4.0$	$+ 0.73$	$- 0.03$	$+ 0.92$		$= - 0.133$
$- 0.44$	$+ k_1$	$+ 4.2$	$+ 0.53$	$+ 0.03$	$+ 0.93$		$= - 0.005$
$- 0.26$	$+ k_1$	$+ 9.0$	$+ 0.72$	$- 0.09$	$+ 0.95$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.170$
$- 0.37$	$+ k_1$	$+ 9.2$	$+ 0.57$	$+ 0.03$	$+ 0.94$	$- \varkappa_1'$	$= + 0.053$
$- 0.45$	$+ k_1$	$+ 10.0$	$+ 0.56$	$- 0.09$	$+ 0.91$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.021$
$- 0.47$	$+ k_1$	$+ 10.5$	$+ 0.10$	$- 0.04$	$+ 0.90$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.068$
$- 0.43$	$+ k_1$	$+ 10.9$	$+ 0.10$	$+ 0.14$	$+ 0.90$	$- \varkappa_1'$	$= - 0.024$

Ergebnisse der Ausgleichungen.

	Thermometersatz I			Thermometersatz A		
	Visuell	Photogr. I	Photogr. A	Visuell	Photogr. I	Photogr. II
			Unbekannte.			
k_1	— 0.236	+ 0.222	+ 0.600	— 0.417	+ 0.143	+ 0.466
a	— 0.003	— 0.000	+ 0.008	— 0.002	— 0.002	+ 0.005
b	— 0.091	— 0.055	— 0.235	+ 0.065	+ 0.088	+ 0.066
c	— 0.217	+ 0.340	— 0.194	— 0.240	— 0.568	+ 0.010
$\varkappa_1'$	+ 0.024	+ 0.060		— 0.050	+ 0.038	
	± 0.053	± 0.032		± 0.059	± 0.050	
$\varkappa_2'$	— 0.035	— 0.061		— 0.016	— 0.005	
	± 0.036	± 0.025		± 0.036	± 0.034	
σ'	— 0.016	+ 0.005		— 0.004	— 0.094	
	± 0.178	± 0.122		± 0.182	± 0.169	

Mittel.

$\varkappa_1' = + 0.034$ mm. ± 0.022 mm.

$\varkappa_2' = - 0.035$ mm. ± 0.016 mm.

$\sigma' = - 0.022$ mm. ± 0.078 mm.

Reise Rio de Janeiro—Lissabon.

Thermometersatz I.

Photographisches Barometer I.

$v =$	$+ 0.08$	$+ k_1$	$- 5.6\ a$	$+ 0.67\ b$	$- 0.03\ c$	$+ 0.82\ \sigma'$	$- \varkappa_1' = + 0.020$ mm.
	$+ 0.11$	$+ k_1$	$- 4.3$	$+ 0.10$	$+ 0.05$	$+ 0.90$	$- \varkappa_1' = - 0.029$
	$- 0.11$	$+ k_1$	$- 3.6$	$+ 0.61$	$+ 0.00$	$+ 0.92$	$- \varkappa_2' = - 0.051$
	$- 0.02$	$+ k_1$	$- 3.3$	$+ 0.62$	$+ 0.08$	$+ 0.93$	$- \varkappa_2' = + 0.016$
	$+ 0.01$	$+ k_1$	$- 2.6$	$+ 0.66$	$- 0.05$	$+ 0.96$	$- \varkappa_2' = + 0.068$
	$+ 0.11$	$+ k_1$	$- 2.3$	$+ 0.72$	$+ 0.08$	$+ 0.98$	$= + 0.077$
	$- 0.08$	$+ k_1$	$- 1.5$	$+ 0.70$	$- 0.01$	$+ 0.99$	$= - 0.100$
	$+ 0.02$	$+ k_1$	$- 1.3$	$+ 0.80$	$+ 0.04$	$+ 1.00$	$= - 0.010$
	$+ 0.07$	$+ k_1$	$- 0.6$	$+ 0.58$	$- 0.04$	$+ 1.00$	$- \varkappa_1' = - 0.066$
	$+ 0.05$	$+ k_1$	$+ 0.5$	$+ 0.55$	$- 0.05$	$+ 0.98$	$= + 0.024$
	$+ 0.05$	$+ k_1$	$+ 0.7$	$+ 0.55$	$+ 0.04$	$+ 0.97$	$= + 0.004$
	$+ 0.04$	$+ k_1$	$+ 1.4$	$+ 0.58$	$- 0.02$	$+ 0.94$	$= + 0.015$
	$+ 0.04$	$+ k_1$	$+ 2.4$	$+ 0.63$	$- 0.03$	$+ 0.88$	$- \varkappa_2' = + 0.087$
	$- 0.05$	$+ k_1$	$+ 3.4$	$+ 0.91$	$+ 0.02$	$+ 0.81$	$= - 0.042$
	0.00	$+ k_1$	$+ 3.7$	$+ 0.83$	$+ 0.02$	$+ 0.78$	$= + 0.010$
	$- 0.13$	$+ k_1$	$+ 5.4$	$+ 1.07$	$- 0.02$	$+ 0.63$	$- \varkappa_2' = - 0.009$
	$- 0.13$	$+ k_1$	$+ 6.7$	$+ 0.96$	$+ 0.06$	$+ 0.52$	$- \varkappa_2' = - 0.012$

Photographisches Barometer II.

$v =$	$- 0.31$	$+ k_1$	$- 5.6\ a$	$+ 0.67\ b$	$- 0.03\ c$	$+ 0.82\ \sigma'$	$- \varkappa_1' = + 0.014$ mm.
	$- 0.21$	$+ k_1$	$- 4.3$	$+ 0.10$	$+ 0.05$	$+ 0.90$	$- \varkappa_1' = + 0.037$
	$- 0.46$	$+ k_1$	$- 3.6$	$+ 0.61$	$+ 0.00$	$+ 0.92$	$- \varkappa_2' = - 0.030$
	$- 0.47$	$+ k_1$	$- 3.3$	$+ 0.62$	$+ 0.08$	$+ 0.93$	$- \varkappa_2' = - 0.065$
	$- 0.45$	$+ k_1$	$- 2.6$	$+ 0.66$	$- 0.05$	$+ 0.96$	$- \varkappa_2' = - 0.029$
	$- 0.28$	$+ k_1$	$- 2.3$	$+ 0.72$	$+ 0.08$	$+ 0.98$	$= + 0.048$
	$- 0.37$	$+ k_1$	$- 1.5$	$+ 0.70$	$- 0.01$	$+ 0.99$	$= - 0.034$
	$- 0.26$	$+ k_1$	$- 1.3$	$+ 0.80$	$+ 0.04$	$+ 1.00$	$= + 0.063$
	$- 0.19$	$+ k_1$	$- 0.6$	$+ 0.58$	$- 0.04$	$+ 1.00$	$= + 0.025$
	$- 0.21$	$+ k_1$	$+ 0.5$	$+ 0.55$	$- 0.05$	$+ 0.98$	$= + 0.109$
	$- 0.33$	$+ k_1$	$+ 0.7$	$+ 0.55$	$+ 0.04$	$+ 0.97$	$= - 0.032$
	$- 0.45$	$+ k_1$	$+ 1.4$	$+ 0.58$	$- 0.02$	$+ 0.94$	$= - 0.137$
	$- 0.37$	$+ k_1$	$+ 2.4$	$+ 0.63$	$- 0.03$	$+ 0.88$	$- \varkappa_2' = + 0.008$
	$- 0.34$	$+ k_1$	$+ 3.4$	$+ 0.91$	$+ 0.02$	$+ 0.81$	$= - 0.013$
	$- 0.31$	$+ k_1$	$+ 3.7$	$+ 0.83$	$+ 0.02$	$+ 0.78$	$= + 0.019$
	$- 0.42$	$+ k_1$	$+ 5.4$	$+ 1.07$	$- 0.02$	$+ 0.63$	$- \varkappa_2' = + 0.003$
	$- 0.40$	$+ k_1$	$+ 6.7$	$+ 0.96$	$+ 0.06$	$+ 0.52$	$- \varkappa_2' = + 0.014$

Thermometersatz A.

Photographisches Barometer I.

$v = +0.09$	$+k_1$	$-5.5\,a$	$+0.82\,b$	$-0.07\,c$	$+0.82\,\sigma'$	$-\varkappa_1'$	$= +0.000$ mm.
$+0.23$	$+k_1$	-4.3	$+0.10$	$+0.06$	$+0.90$	$-\varkappa_1'$	$= -0.044$
$+0.11$	$+k_1$	-3.2	$+0.58$	$+0.06$	$+0.93$	$-\varkappa_2'$	$= -0.002$
$+0.09$	$+k_1$	-2.5	$+0.64$	-0.06	$+0.97$	$-\varkappa_2'$	$= +0.057$
$+0.20$	$+k_1$	-2.3	$+0.71$	$+0.00$	$+0.97$		$= +0.103$
0.00	$+k_1$	-1.5	$+0.76$	-0.02	$+0.99$		$= -0.079$
$+0.08$	$+k_1$	-1.3	$+0.82$	$+0.05$	$+1.00$		$= -0.034$
$+0.02$	$+k_1$	-0.5	$+0.76$	-0.10	$+1.00$	$-\varkappa_1'$	$= -0.073$
$+0.22$	$+k_1$	-0.3	$+0.75$	$+0.09$	$+1.00$	$-\varkappa_1'$	$= +0.010$
$+0.18$	$+k_1$	$+0.7$	$+0.55$	$+0.02$	$+0.97$		$= +0.042$
$+0.07$	$+k_1$	$+1.5$	$+0.73$	-0.09	$+0.94$		$= +0.022$
$+0.14$	$+k_1$	$+1.7$	$+0.58$	-0.01	$+0.93$		$= +0.022$
$+0.07$	$+k_1$	$+2.5$	$+0.55$	-0.05	$+0.88$	$-\varkappa_2'$	$= +0.007$
$+0.04$	$+k_1$	$+3.5$	$+0.81$	-0.08	$+0.81$		$= -0.007$
$+0.15$	$+k_1$	$+3.7$	$+0.73$	$+0.09$	$+0.78$		$= -0.012$
$+0.05$	$+k_1$	$+4.5$	$+0.75$	$+0.01$	$+0.72$	$-\varkappa_2'$	$= -0.025$
$+0.10$	$+k_1$	$+4.7$	$+0.77$	$+0.03$	$+0.70$	$-\varkappa_2'$	$= +0.016$
$+0.02$	$+k_1$	$+5.5$	$+0.91$	-0.04	$+0.63$	$-\varkappa_2'$	$= -0.004$

Photographisches Barometer II.

$v = -0.26$	$+k_1$	$-5.5\,a$	$+0.82\,b$	$-0.07\,c$	$+0.82\,\sigma'$	$-\varkappa_1'$	$= -0.003$ mm.
-0.05	$+k_1$	-4.3	$+0.10$	$+0.06$	$+0.90$	$-\varkappa_1'$	$= +0.028$
-0.30	$+k_1$	-3.2	$+0.58$	$+0.06$	$+0.93$	$-\varkappa_2'$	$= -0.034$
-0.28	$+k_1$	-2.5	$+0.64$	-0.06	$+0.97$	$-\varkappa_2'$	$= +0.026$
-0.25	$+k_1$	-2.3	$+0.71$	$+0.00$	$+0.97$		$= +0.017$
-0.35	$+k_1$	-1.5	$+0.76$	-0.02	$+0.99$		$= -0.071$
-0.29	$+k_1$	-1.3	$+0.82$	$+0.05$	$+1.00$		$= -0.018$
-0.24	$+k_1$	-0.5	$+0.76$	-0.10	$+1.00$	$-\varkappa_1'$	$= -0.003$
-0.10	$+k_1$	-0.3	$+0.75$	$+0.09$	$+1.00$	$-\varkappa_1'$	$= +0.086$
-0.18	$+k_1$	$+0.7$	$+0.55$	$+0.02$	$+0.97$		$= +0.041$
-0.34	$+k_1$	$+1.5$	$+0.73$	-0.09	$+0.94$		$= -0.058$
-0.21	$+k_1$	$+1.7$	$+0.58$	-0.01	$+0.93$		$= +0.021$
-0.33	$+k_1$	$+2.5$	$+0.55$	-0.05	$+0.88$	$-\varkappa_2'$	$= -0.060$
-0.20	$+k_1$	$+3.5$	$+0.81$	-0.08	$+0.81$		$= +0.090$
-0.31	$+k_1$	$+3.7$	$+0.73$	$+0.09$	$+0.78$		$= -0.080$
-0.38	$+k_1$	$+4.5$	$+0.75$	$+0.01$	$+0.72$	$-\varkappa_2'$	$= -0.091$
-0.23	$+k_1$	$+4.7$	$+0.77$	$+0.03$	$+0.70$	$-\varkappa_2'$	$= +0.058$
-0.28	$+k_1$	$+5.5$	$+0.91$	-0.04	$+0.63$	$-\varkappa_2'$	$= +0.051$

Ergebnisse der Ausgleichungen.

	Thermometersatz I		Thermometersatz A	
	Photogr. I	Photogr. II	Photogr. I	Photogr. II
	Unbekannte.			
k_1	+ 0.196	+ 0.555	— 0.197	+ 0.125
a	— 0.005	— 0.012	— 0.003	— 0.003
b	+ 0.056	+ 0.038	+ 0.141	+ 0.198
c	— 0.243	— 0.236	— 0.607	— 0.255
$\varkappa_1'$	+ 0.110		+ 0.060	
	± 0.040		± 0.030	
$\varkappa_2'$	— 0.056		— 0.037	
	± 0.025		± 0.027	
σ'	— 0.268		— 0.006	
	± 0.143		± 0.131	

Mittel.

$\varkappa_1' = + 0.078$ mm. ± 0.024 mm.
$\varkappa_2' = - 0.047$ mm. ± 0.019 mm.
$\sigma' = - 0.126$ mm. ± 0.097 mm.

Aus den vorstehenden Berechnungsergebnissen ersieht man, dass $\varkappa_2'$, das dem Unterschiede zwischen der Schwerkraft auf der Tiefsee in der Nähe des Küstenrandes und auf hoher See proportional ist, durchgehends negativ ist; nicht allein ist der Mittelwert für alle Observationen auf der Ausreise und auf der Heimreise jeder für sich negativ, sondern auch die einzelnen Observationsreihen mit den verschiedenen Barometern und Thermometern geben negative Werte für $\varkappa_2'$ und zwar unter beiden Annahmen rücksichtlich σ. Es scheint mir daher, dass man berechtigt sein muss, aus Heckers Beobachtungen auf dem atlantischen Ozean den Schluss zu ziehen, dass die Schwerkraft auf der Tiefsee längs dem Küstenrande geringer ist als weiter hinaus auf dem Meere.

Mit Rücksicht auf den Zahlenwert für $\varkappa_2'$ und $\varkappa_1'$, welch letzterer proportional dem Unterschiede zwischen der Schwerkraft auf der Flachsee und auf hoher See ist, so gibt die Berechnung unter Voraussetzung von $\sigma = 0$

für die Ausreise: für die Heimreise:

$\varkappa_1' = +0.024$ mm. ± 0.017 mm.; $\varkappa_1' = +0.058$ mm. ± 0.022 mm.

$\varkappa_2' = -0.038$ mm. ± 0.015 mm.; $\varkappa_2' = -0.059$ mm. ± 0.017 mm.

Für die $\varkappa_1'$ entsprechende Grösse k_2 findet Hecker, der $\varkappa_2' = 0$ voraussetzt, etwas kleinere Werte, nämlich:

für die Ausreise: für die Heimreise:

$k_2 = +0.017$ mm. ± 0.016 mm.; $k_2 = +0.048$ mm. ± 0.012 mm.

oder, wie später angegeben wird, mit den mittleren Fehlern ± 0.015 mm. und ± 0.034 mm.

Von obigen Werten erhält man im Mittel

$$\varkappa_1' = +0.037 \text{ mm. } \pm 0.014 \text{ mm.}$$

und

$$\varkappa_2' = -0.047 \text{ mm. } \pm 0.011 \text{ mm.}$$

Durch Multiplikation mit $\frac{g_{45}}{B_0}$, das gleich $\frac{9800}{760} = 12.9$ gesetzt werden kann, erhält man schliesslich für die Abweichung Δg der Acceleration in Centimetern

Δg für Flachsee — hohe See . . . . . $= +0.047$ cm. ± 0.017 cm.,

Δg für Tiefsee die Küste entlang — hohe See $= -0.060$ cm. ± 0.014 cm.,

während Hecker folgenden Wert findet

Δg für Flachsee—Tiefsee . . . . $= +0.028$ cm. ± 0.018 cm.

Da nach Helmert der Unterschied im Werte der Acceleration für die Küstenstationen und für das Innere der Kontinente gleich

Δg Küstenstationen—Festlandsstationen . . . . $= +0.036$ cm.,

gesetzt werden kann, so sieht man, dass Heckers Observationen auch unter der oben genannten Annahme zu dem Ergebnis führen, dass die Schwerkraft draussen auf hoher See ungefähr normal sein muss. Hieraus folgt dann wiederum, da

Δg für Tiefsee die Küste entlang — hohe See . . . . . negativ ist,

dass *die Schwerkraft auf der Tiefsee längs dem Küstenrande geringer sein muss als normal,* wie solches früher von mir hergeleitet worden ist.

Da der Zahlenwert für $\varkappa_2'$ ungefähr derselbe ist wie für $\varkappa_1'$, so kommt man also zu dem Resultat, dass der Wert der Schwerkraft auf tiefem Wasser längs dem Küstenrande durchschnittlich ebenso viel unter dem normalen ist, als er auf der Flachsee und auf den Küstenstationen über demselben ist.

Nach dem oben Angeführten ist also die Schwerkraft draussen auf dem atlantischen Ozean als normal zu betrachten. Sie muss sich daher mit der Breite in gleicher Weise verändern wie die Schwerkraft auf den Kontinenten. Setzt man die Acceleration auf dem Ozean unter die Form

$$g = g'_{45}\,(1 - \beta' \cos 2\varphi)$$

und versucht man mit Hilfe von Heckers Beobachtungen β' zu bestimmen,

so muss man für die Grösse $\sigma' = (\beta' g'_{45} - \beta\, g_{45})\,\dfrac{B_0}{g_{45}}$

Werte finden, die nur wenig von Null abweichen.

Wie aus den oben angegebenen Tabellen ersichtlich, geben auch alle Observationsreihen, ausgenommen eine auf der Heimreise, die mit Thermometersatz I ausgeführt ist, im grossen und ganzen sehr kleine Werte für σ'. Nimmt man den Mittelwert der verschiedenen Grössen für die anderen 5 Observationsreihen, so erhält man

$$\varkappa_1' = +\,0.050 \text{ mm.} \;\pm 0.018 \text{ mm.}$$

$$\varkappa_2' = -\,0.036 \text{ mm.} \;\pm 0.014 \text{ mm.}$$

$$\sigma' = -\,0.018 \text{ mm.} \;\pm 0.066 \text{ mm.}$$

Hieraus folgt:

$$\beta' \frac{g'_{45}}{g_{45}} - \beta = -\frac{1}{B_0}\,.\,0.018 = -\frac{0.018}{760} = -\,0.000024$$

oder, da man hier setzen kann $\dfrac{g'_{45}}{g_{45}} = 1$,

$$\beta' = \beta - 0.000024 = 0.002644 - 0.000024 = 0.00262$$

das heisst β' ungefähr 1 % kleiner als β.

Von den angegebenen Werten für $\varkappa_1'$ und $\varkappa_2'$ erhält man

Δg für Flachsee — hohe See . . . . . . $= +\,0.064$ cm. $\pm\, 0.023$ cm.

Δg für Tiefsee die Küste entlang — hohe See $= -\,0.046$ cm. $\pm\, 0.018$ cm.,

Werte, die von derselben Grössenordnung wie die früher gefundenen sind.

Die erwähnte eine Observationsreihe gibt sowohl für σ' als auch für $\varkappa_1'$ Werte, die sich merkbar von den obenstehenden entfernen. Es ist indessen zu bemerken, dass der mittlere Fehler für σ' in allen Observationsreihen besonders gross ist, so dass es scheint, dass man nicht mit hinreichender Genauigkeit die Veränderlichkeit der Acceleration mit der Breite aus den vorliegenden Beobachtungen bestimmen kann. Da σ' durchgehends negativ gefunden worden, dürfte man jedoch hieraus vielleicht den Schluss ziehen, dass sich die Schwerkraft draussen auf dem untersuchten Teil des atlantischen Ozeans etwas langsamer verändert als Helmerts Formel es verlangt.

Gedruckt 24. Aug. 1907.